



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2004 018 721 A1 2005.04.21

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2004 018 721.5

(22) Anmeldetag: 17.04.2004

(43) Offenlegungstag: 21.04.2005

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: F16D 3/22

(66) Innere Priorität:  
103 38 716.1 22.08.2003

(71) Anmelder:  
GKN Driveline Deutschland GmbH, 63073  
Offenbach, DE

(74) Vertreter:  
Harwardt Neumann Patent- und Rechtsanwälte,  
53721 Siegburg

(72) Erfinder:  
Schwärzler, Peter, Dipl.-Ing., 63864 Glattbach, DE;  
Harnischfeger, Heiko, Dipl.-Ing., 36396 Steinau, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Kugelfestgelenk mit gedrehten Bahnquerschnitten

(57) Zusammenfassung: Gleichlaufgelenk in Form eines Festgelenkes mit den Merkmalen:

ein Gelenkaußenteil 12, das eine Längsachse und axial zueinander entgegengesetzt liegend eine Anschlußseite und eine Öffnungsseite hat und das äußere Kugelbahnen 22<sub>1</sub>, 22<sub>2</sub> aufweist,

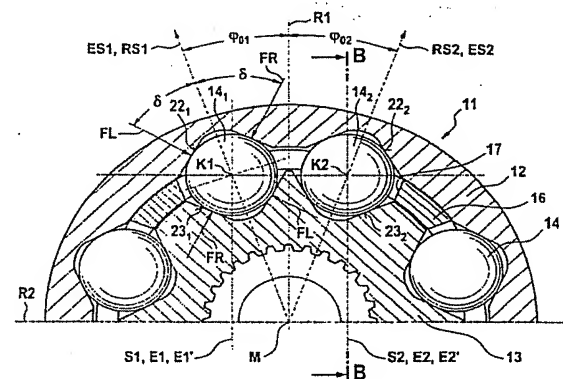
ein Gelenkinnenteil 13, das eine Längsachse und Anschlußmittel für eine zur Öffnungsseite des Gelenkaußenteils 12 weisende Welle hat und das innere Kugelbahnen 23<sub>1</sub>, 23<sub>2</sub> aufweist, die äußeren Kugelbahnen und die inneren Kugelbahnen bilden Bahnpaare 22<sub>1</sub>, 23<sub>1</sub>; 22<sub>2</sub>, 23<sub>2</sub> miteinander,

die Bahnpaare nehmen jeweils eine drehmomentübertragende Kugel 14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub> auf,

jeweils zwei benachbarte Bahnpaare haben äußere Kugelbahnen 22<sub>1</sub>, 22<sub>2</sub>, deren Mittellinien in zueinander im wesentlichen parallelen Ebenen E1, E2 liegen, und innere Kugelbahnen 23<sub>1</sub>, 23<sub>2</sub>, deren Mittellinien in zueinander im wesentlichen parallelen Ebenen E1', E2' liegen,

ein ringförmiger Kugelkäfig 16 sitzt zwischen Gelenkaußenteil 12 und Gelenkinnenteil 13 und weist umfangsverteilte Käfigfenster 17 auf, die jeweils die drehmomentübertragenden Kugeln 14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub> zweier benachbarter Bahnpaare 22<sub>1</sub>, 23<sub>1</sub>; 22<sub>2</sub>, 23<sub>2</sub> aufnehmen,

die Mittelpunkte K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> der Kugeln 14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub> werden beim gestreckten Gelenk vom Kugelkäfig 16 in der Gelenkmittalebene gehalten und bei Gelenkbeugung auf die winkelhalbierende Ebene zwischen den Längsachsen geführt, die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen 22<sub>1</sub>, 22<sub>2</sub> und der inneren Kugelbahnen 23<sub>1</sub>, ...



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft Gleichlaufgelenke in Form von Festgelenken mit den Merkmalen: ein Gelenkaußenteil, das eine Längsachse L12 und axial zueinander entgegengesetzt liegend eine Anschlußseite und eine Öffnungsseite hat und das äußere Kugelbahnen aufweist, ein Gelenkinnenteil, das eine Längsachse L13 und Anschlußmittel für eine zur Öffnungsseite des Gelenkaußenteils weisende Welle hat und das innere Kugelbahnen aufweist, die äußeren Kugelbahnen und die inneren Kugelbahnen bilden Bahnpaare miteinander, die Bahnpaare nehmen jeweils eine drehmomentübertragende Kugel auf, jeweils zwei benachbarte Bahnpaare haben äußere Kugelbahnen, deren Mittellinien in zueinander im wesentlichen parallelen Ebenen E1, E2 liegen, und innere Kugelbahnen deren Mittellinien in zueinander im wesentlichen parallelen Ebenen E1', E2' liegen, ein ringförmiger Kugelkäfig sitzt zwischen Gelenkaußenteil und Gelenkinnenteil und weist umfangsverteilte Käfigfenster auf, die jeweils die drehmomentübertragenden Kugeln zweier benachbarter Bahnpaare aufnehmen, die Mittelpunkte K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> der Kugeln werden vom Kugelkäfig beim gestreckten Gelenk in der Gelenkmittellebene EM gehalten und bei Gelenkbeugung auf die winkelhalbierende Ebene zwischen den Längsachsen L12, L13 geführt.

## Stand der Technik

**[0002]** Gelenke dieser Art sind beispielsweise aus der DE 44 40 295 C1 bekannt. Bei diesen Gelenken kann Drehmoment jeweils nur von der Hälfte der Kugeln in jeder Drehmomentrichtung übertragen werden.

**[0003]** Gelenke ähnlicher Art sind weiterhin aus der DE 100 33 491 A1 bekannt. Hierbei sind die äußeren Kugelbahnen und inneren Kugelbahnen im Querschnitt durch Kreisbögen definiert, wobei die jeweilige Symmetrieachse der Kugelbahnquerschnitte in den Ebenen liegt, die die Bahnmittellinien enthalten. Dies führt unter Drehmoment abhängig von der Drehmomentrichtung zu ungünstigen Belastungsverhältnissen an den Bahnkanten.

## Aufgabenstellung

**[0004]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Gelenke der genannten Art vorzuschlagen, die unter Drehmomentbelastung möglichst günstige Belastungsverhältnisse unabhängig von der Drehmomentübertragungsrichtung aufweisen.

**[0005]** Die Lösung hierfür liegt in Gelenken der genannten Art, bei denen die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen und der inneren Kugelbahnen eines jeden Bahnpaars symmetrisch zu Symmetrieachsen ES<sub>1</sub>, ES<sub>2</sub>, die mit Ebenen E1, E2, E1', E2' gleich große entgegengesetzt angetragene Winkel  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  bilden und jeweils einen gemeinsamen Punkt M, M' haben. Hierbei ist vorgesehen, daß die Winkel  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  im Bereich von 0,8 ... 1,3  $\varphi_0$  liegen, wobei  $2\varphi_0$  der Mittelpunktswinkel beim gestreckten Gelenk zwischen Radialstrahlen RS1, RS2 durch die Kugelmitten K1, K2 der Kugeln zweier benachbarter Bahnpaare ist. Die Bedeutung dieser Angabe läßt sich wie folgt näher erklären. Wenn  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  gleich  $\varphi_0$  sind, ergibt es sich, daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen und der inneren Kugelbahnen eines jeden Bahnpaars jeweils symmetrisch zu Radialstrahlen RS1, RS2 von den Längsachsen durch die Kugelmitten K1, K2 der drehmomentübertragenden Kugeln des Bahnpaars sind; wenn  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  ungleich  $\varphi_0$  sind, ergibt es sich, daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen und der inneren Kugelbahnen eines jeden Bahnpaars jeweils symmetrisch zu in der Querschnittsebene liegenden Geraden PS<sub>1</sub>, PS<sub>2</sub> sind, die parallel zu den Radialstrahlen RS1, RS2 sind und die sich jeweils in einem gemeinsamen Punkt M' mit Abstand zu den Längsachsen L12, L13 schneiden.

**[0006]** Hiermit wird bei Festgelenken, deren Kugeln in paarweise in im wesentlichen parallelen Ebenen E1, E2, E1', E2' verlaufenden Kugelbahnen geführt werden, wobei zur Erhöhung der Drehmomentbelastbarkeit jeweils zwei Kugeln in einem Käfigfenster aufgenommen werden, eine verbesserte Krafteinleitung in die Kugelbahnen sichergestellt, die unabhängig von der Drehmomentrichtung im wesentlichen gleiche Verhältnisse garantiert. Dies ist durch die symmetrische Ausgestaltung der Bahnquerschnitte jedes Bahnpaars relativ zu den Radialstrahlen RS1, RS2 von der Längsachse L12, L13 durch die Kugelmitten K1, K2 bzw. relativ zu solchen Radialstrahlen parallelen Geraden PS1, PS2 sichergestellt. Hierbei sind geringe Abweichungen von der strengen Symmetrie im Verhältnis zu den einzelnen Radialstrahlen RS1, RS2 zulässig und gegebenenfalls vorteilhaft, insbesondere dann, wenn die Kugelbahnen mit Werkzeugen gefertigt werden, deren Bewegungsablauf auf definierten Ebenen verlaufen soll, wobei die Werkzeugachsen bevorzugt in sich parallel gehalten werden.

**[0007]** Nach einer ersten grundlegenden Ausgestaltungsform ist vorgesehen, daß die Bahnmittellinien M22 der äußeren Kugelbahnen und die Bahnmittellinien M23 der inneren Kugelbahnen in Ebenen E1, E2 liegen, die zueinander parallel und parallel zu den Längsachsen L12, L13 des Gelenks und durch die Kugelmitten der Kugeln zweier benachbarter Bahnpaare verlaufen.

**[0008]** Hierbei wird vorgeschlagen, daß das Gelenk als Twinballgelenk ausgeführt ist, wobei die Öff-

nungswinkel  $\alpha_1, \alpha_2$  zwischen den Tangenten an die Grundlinien zweier benachbarter Bahnpaare sich bei gestrecktem Gelenk in der Gelenkmittlebene EM jeweils in die gleiche Richtung, insbesondere zur Anschlußseite des Gelenkaußenteils hin, öffnen.

**[0009]** Nach einer zweiten grundlegenden Ausführungsform wird vorgeschlagen, daß das Gelenk als Gegenbahngelenk ausgeführt ist, wobei die Öffnungswinkel  $\alpha_1, \alpha_2$  zwischen den Tangenten an die Bahngrundlinien in der Gelenkmittlebene EM zweier benachbarter Bahnpaare sich bei gestrecktem Gelenk in der Gelenkmittlebene EM in entgegengesetzter Richtung öffnen. Hierbei wird insbesondere vorgeschlagen, daß sich die Kugeln zweier benachbarter Bahnpaare bei gestrecktem Gelenk auf verschiedenen Rollkreisradien PCR befinden.

**[0010]** Nach einer hierzu alternativen weiteren grundlegenden Ausgestaltungsform ist vorgesehen, daß die Bahnmittellinien  $M22_1, M22_2$  der äußeren Kugelbahnen in ersten Ebenen  $E1, E2$  verlaufen, die jeweils zueinander parallel und durch die Kugelmitten der Kugeln zweier benachbarter Bahnpaare verlaufen und die vom Gelenkmittelpunkt  $M$  gleichen senkrechten Abstand haben, wobei sie mit Parallelen zu den Längsachsen  $L12, L13$  Kreuzungswinkel  $\gamma_0$  bilden, und daß die Bahnmittellinien  $M23_1, M23_2$  der inneren Kugelbahnen in zweiten Ebenen  $E1', E2'$  verlaufen, die jeweils zueinander parallel und durch die Kugelmitten der Kugeln zweier benachbarter Bahnpaare verlaufen und die vom Gelenkmittelpunkt  $M$  gleichen senkrechten Abstand haben, wobei sie mit Parallelen zu den Längsachsen  $L12, L13$  Kreuzungswinkel  $\gamma_0'$  bilden. Die Winkel  $\gamma_0$  und  $\gamma_0'$  sind gleich groß und entgegengesetzt gerichtet, so daß sich ein Kreuzungswinkel  $\gamma_0 + \gamma_0'$  zwischen den Ebenen  $E1, E2$  der äußeren Bahnen und den Ebenen  $E1', E2'$  der inneren Bahnen ergibt.

**[0011]** Im Gegensatz zu der eingangs genannten Ausgestaltungsform, bei der sich die räumlichen Steuerwinkel an den Kugeln abhängig von der Richtung der Drehmomenteinleitung geringfügig verändert, ist es mit der vorstehenden Ausgestaltungsform möglich, die Abhängigkeit der räumlichen Steuerwinkel  $\varepsilon_0, \varepsilon_0'$  an den Kugeln von der Drehmomentübertragungsrichtung auszugleichen. Hierfür wird insbesondere vorgesehen, daß die Kreuzungswinkel  $\gamma_0, \gamma_0'$  so gewählt sind, daß die räumlichen Steuerwinkel der Kugelbahnen an den Kugeln bei rechtsdrehendem Drehmoment  $Kr_0$  und bei linksdrehendem Drehmoment  $Kl_0$  gleich groß sind.

**[0012]** Hierbei ist weiterhin vorgesehen, daß bei einem Mittelpunktswinkel  $2\varphi_0$  zwischen den Radialstrahlen  $RS1, RS2$  durch die Kugelmitten der Kugeln zweier benachbarter Bahnpaare sich der Kreuzungswinkel  $\gamma_0$  nach der Gleichung  $\gamma_0 = \varepsilon_0 \cdot \tan \varphi_0$  errechnet, damit die räumlichen Steuerwinkel bei rechtsdrehen-

dem Drehmoment und linksdrehendem Drehmoment am Gelenk gleich groß sind.

**[0013]** Wenn die Bahnmittellinien in den achsparallelen Ebenen  $E1, E2$  liegen, ergeben sich aufgrund der Tatsache, daß die Kontaktwinkel  $\delta$  für rechtsgerichtetes und linksgerichtetes Drehmoment symmetrisch zum Radialstrahl  $RS$  liegen, unterschiedliche räumliche Steuerwinkel für rechtsdrehendes und linksdrehendes Moment. Die räumlichen Steuerwinkel für die rechtsdrehende Belastung bzw. die linksdrehende Belastung sind

$$Kr_0 = \varepsilon_0 \cdot \cos(\delta + \varphi)$$

$$Kl_0 = \varepsilon_0 \cdot \cos(\delta - \varphi_0).$$

**[0014]** Sie sind wegen des  $\pm \varphi_0$  Einflusses deutlich unterschiedlich.

**[0015]** Durch eine Drehung der Ebenen  $E1, E2$  um eine Hochachse um den Kreuzungswinkel  $\gamma_0$  kann erreicht werden, daß die räumlichen Steuerwinkel  $Kr_0 = Kl_0$  gleich werden. Dies ist erfüllt für die Bedingung  $\gamma_0 = \varepsilon_0 \cdot \tan \varphi_0$ .

**[0016]** In einer ersten Ausgestaltungsform der Bahnquerschnitte ist vorgesehen, daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen und der inneren Kugelbahnen durch Parabel- oder Ellipsenabschnitte oder durch Spitzbögen (gotische Bögen) gebildet werden, die jeweils mit den Kugeln in zwei Punkten Kontakt erzeugen.

**[0017]** In einer zweiten Ausgestaltungsform der Bahnquerschnitte ist vorgesehen, daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen und der inneren Kugelbahnen durch Kreisabschnitte gebildet werden, deren Krümmungsmittelpunkte mit Abstand zueinander auf dem jeweiligen Radialstrahl  $RS1, RS2$  bzw. der jeweiligen dazu parallelen Geraden  $PS1, PS2$  liegen und deren Krümmungsradius größer als der Kugelradius ist und die mit den Kugeln jeweils Kontakt in nur einem Punkt erzeugen, der bei Drehmomentfreiheit im Bahngrund liegt.

#### Ausführungsbeispiel

**[0018]** Fig. 1 zeigt an einem erfindungsgemäßen Gelenk die erfindungsgemäßen Merkmale

- a) im halben Querschnitt gemäß der Schnittlinie C-C aus Fig. 1b
- b) im versetzten Längsschnitt gemäß der Schnittlinie B-B aus Fig. 1a;

**[0019]** Fig. 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Gelenk als Twinballgelenk

- a) in Axialansicht
- b) im Längsschnitt gemäß den Schnittebenen A-A, B-B aus Fig. 2a;

**[0020]** Fig. 3 zeigt ein erfindungsgemäßes Gelenk als Gegenbahngelenk

- a) im Querschnitt durch die Mittelebene EM
- b) im Längsschnitt gemäß der Schnittebene A-A nach Fig. 3a
- c) im Querschnitt gemäß der Schnittebene B-B nach Fig. 3a;

**[0021]** Fig. 4 zeigt ein erfindungsgemäßes Gelenk als Gegenbahngelenk in einer alternativen Ausführung

- a) im Querschnitt durch die Mittelebene EM
- b) in einem Längsschnitt gemäß der Schnittlinie A-A aus Fig. 4a;

**[0022]** Fig. 5 zeigt einen Teilquerschnitt durch ein erfindungsgemäßes Gelenk in einer ersten Ausführung des Kugelbahnquerschnitts gemäß der Schnittlinie C-C aus Fig. 1b;

**[0023]** Fig. 6 zeigt einen Teilquerschnitt durch ein erfindungsgemäßes Gelenk in einer zweiten Ausführung des Kugelbahnquerschnitts gemäß der Schnittlinie C-C aus Fig. 1b;

**[0024]** Fig. 7 zeigt das Gelenk nach Fig. 1 in abgewandelter Darstellungsform

- a) im halben Querschnitt gemäß der Schnittlinie C-C aus Fig. 2b
- b) im versetzten Längsschnitt gemäß der Schnittlinie B-B aus Fig. 2a;

**[0025]** Fig. 8 zeigt einen Teilquerschnitt durch ein erfindungsgemäßes Gelenk unter Bezugnahme auf Fig. 7;

**[0026]** Fig. 9 zeigt Winkelverhältnisse nach dem Gelenk gemäß Fig. 8 in überhöhter Darstellung.

**[0027]** Die beiden Darstellungen der Fig. 1 werden nachstehend gemeinsam beschrieben. In Fig. 1 ist ein Gleichlauftfestgelenk 11 gezeigt, das ein Gelenkaußenteil 12, ein Gelenkinnenteil 13, drehmomentübertragende Kugeln 14 und einen Kugelkäfig 16 umfaßt. Jeweils zwei Kugeln 14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub> sind in einem gemeinsamen Käfigfenster 17 des Kugelkäfigs aufgenommen. Die Kugeln sind in äußeren Kugelbahnen 22<sub>1</sub>, 22<sub>2</sub> und inneren Kugelbahnen 23<sub>1</sub>, 23<sub>2</sub> gehalten, wobei die Kugelbahnen benachbarter Kugeln 14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>, Bahnpaare 22<sub>1</sub>, 23<sub>1</sub>; 22<sub>2</sub>, 23<sub>2</sub> bilden. Mit RS1 und RS2 sind Radialstrahlen von den Längsachsen L12, L13 durch die Mittelpunkte K1, K2 der Kugeln 14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub> eingezeichnet. Mit S1 und S2 sind Schnittlinien von Ebenen E1, E2, E1', E2', in denen die Mittellinien der Kugelbahnen liegen, mit der Schnittebene C-C, die annähernd als Querschnittsebene durch das Gelenk angesehen werden kann, eingezeichnet. In diesen Ebenen E1, E2, E1', E2' liegen die Mittellinien der Kugelbahnen. Diese können als zu den Längsachsen L12, L13 parallele Ebenen oder als mit den Längs-

achsen L12, L13 einen Kreuzungswinkel bildende, zueinander paarweise parallele Ebenen ausgeführt sein. Die Kugelbahnen sind jeweils symmetrisch zu Symmetrieachsen ES1, ES2, die mit Radialebenen R1, R2 gleich große entgegengesetzte Winkel  $\varphi_{01}$ ,  $\varphi_{02}$  bilden und die im vorliegenden Fall mit den Radialstrahlen RS1, RS2 übereinstimmen.

**[0028]** Mit  $\varphi_{01}$ ,  $\varphi_{02}$  ist jeweils der halbe Mittelpunktswinkel zwischen den Radialstrahlen RS1, RS2 durch die Mittelpunkte der Kugeln 14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub> bezogen auf die Längsachsen L12, L13 bzw. der halbe Öffnungswinkel zwischen den zwei Radialstrahlen RS1, RS2 eingezeichnet.

**[0029]** Ohne daß die Gestaltung der Kugelbahnen hier näher erkennbar wäre, soll diese so sein, daß bei rechtsdrehendem Moment auf das Gelenkinnenteil das Kräftepaar FR unter einem Winkel  $\delta$  bezogen auf den Radialstrahl RS an der Kugel angreift und bei linksdrehendem Moment auf das Gelenkinnenteil das Kräftepaar FL unter dem gleich großen Winkel  $\delta$  bezogen auf den Radialstrahl RS an der Kugel angreift. Der Angriffspunkt der Kräfte FR, FL stellt dabei die Kontaktpunkte der Kugelbahnen mit der Kugel unter Drehmoment dar.

**[0030]** In Fig. 1b sind zudem Kugelbahnen 22<sub>2</sub>, 22<sub>3</sub> mit Bahnmittellinien M22, M23 eingezeichnet, sowie die Tangenten T22, T23 an die Kugelbahngrundlinien in der Ebene C-C.

**[0031]** Parallel zu diesen Tangenten T22, T23 an die Bahngrundlinien laufen Tangenten T22', T23' an die Bahnmittellinien M22, M23, die parallel zu den Tangenten T22, T23 verlaufen und die in Ebenen liegen, die nach obenstehendem parallel zu den Längsachsen L12, L13 oder jeweils unter einem Winkel zu den Längsachsen L12, L13 liegen können.

**[0032]** Die Tangenten T22', T23' an die Bahnmittellinien M22, M23 bilden jeweils Bahnwinkel  $\epsilon_0$  mit einer Parallelen L' zu den Längsachsen L12, L13, wobei die diese Bahnwinkel bildenden Tangenten T22', T23' im erstgenannten Fall in der Zeichnungsebene liegen und im speziellen Fall gegenüber der Darstellungsebene unter den Winkeln  $\varphi_0$ ,  $\varphi_0'$  verschränkt sind.

**[0033]** Die Fig. 2a und 2b werden nachstehend gemeinsam beschrieben. Es ist ein erfindungsgemäßes Gelenk als Twinballgelenk gezeigt, wobei gleiche Einzelheiten mit gleichen Bezugsziffern wie in Fig. 1 belegt sind. Auf die dortige Beschreibung wird insoweit Bezug genommen. Hierbei ist erkennbar, daß die Kugelbahnen 22<sub>1</sub>, 23<sub>1</sub> und 22<sub>2</sub>, 23<sub>2</sub> zweier benachbarter, in einem gemeinsamen Käfigfenster 17 gehaltener Kugeln 14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub> gemäß den Schnittebenen A-A und B-B übereinstimmend gestaltet sind. Der hierbei erkennbare übereinstimmende Bahnver-

lauf gilt für alle Kugelbahnen des Gelenks. Gelenke dieser Art werden von der Anmelderin als Twinballgelenke bezeichnet. Im dargestellten Maßstab sind die Einzelheiten der Bahnquerschnitte nicht im einzelnen erkennbar.

**[0034]** Die einzelnen Darstellungen der Fig. 3 werden nachstehend gemeinsam beschrieben. Es ist ein erfindungsgemäßes Gelenk als Gegenbahngelenk gezeigt. Gleiche Einzelheiten sind mit gleichen Bezugsziffern wie in Fig. 1 belegt. Auf die Beschreibung wird insoweit Bezug genommen. Wie anhand der verschiedenen Schnitte zu erkennen ist, weisen die Kugelbahnen  $22_1, 23_1$  von ersten Kugeln  $14_1$ , die mit zweiten Kugeln  $14_2$  in einem gemeinsamen Käfigfenster 17 gehalten werden, einen ersten Öffnungswinkel  $\alpha_1$  zur Gelenköffnung und die zweiten Kugelbahnen  $22_2, 23_2$  dieser zweiten Kugeln  $14_2$ , die mit den ersten Kugeln  $14_1$  in einem gemeinsamen Käfigfenster gehalten sind, einen zweiten Öffnungswinkel  $\alpha_2$  auf, der zum Gelenkboden hin geöffnet ist.

**[0035]** Die hier für die Kugelbahnen eines Bahnpaars gezeigten Verhältnisse gelten entsprechend für alle Bahnpaare jeweils zweier benachbarter Kugeln, die in einem gemeinsamen Käfigfenster gehalten sind. Hierbei wechseln sich erste Bahnpaare und zweite Bahnpaare über dem Umfang abwechseln. Gelenke der hiermit bezeichneten Art werden von der Anmelderin als Gegenbahngelenke bezeichnet.

**[0036]** Die Darstellungen der Fig. 4 werden nachstehend gemeinsam beschrieben. Bezüglich der in Fig. 4 dargestellten Einzelheiten wird auf die Beschreibung der Fig. 1 Bezug genommen. In Fig. 4a ist eine Schnittlinie A-A eingezeichnet, die durch zwei Kugelmitten  $K1, K2$  der Kugeln  $14_1, 14_2$  zweier benachbarter Bahnpaare verläuft und parallel zu den Längsachsen  $L12, L13$  verläuft. In Fig. 4b ist erkennbar, daß die Mittellinien  $M22$  der äußeren Kugelbahnen  $22_1, 22_2$  in Ebenen  $E1, E2$  liegen, die mit der Längsachse  $L12$  einen Winkel  $\gamma_0$  bilden, während die Mittellinien  $M23$  der inneren Kugelbahnen ( $23_1, 23_2$ ) in zueinander parallelen Ebenen  $E1', E2'$  liegen, die mit der Längsachse  $L13$  einen gleich großen, entgegengesetzt angetragenen Winkel  $\gamma_0'$  bilden.

**[0037]** In Fig. 5 sind zwei benachbarte Bahnpaare  $22_1, 23_1; 22_2, 23_2$  von zwei in einem Käfigfenster 17 gehaltenen Kugeln  $14_1, 14_2$  im Querschnitt gezeigt. Die Querschnittsform der Kugelbahnen ist jeweils symmetrisch zu den Radialstrahlen  $RS1, RS2$ , die mit den Bahnquerschnittssymmetrieachsen  $ES1, ES2$  identisch sind. Die Kugelbahnmittellinien liegen in den Ebenen  $E1$  und  $E2$ , die parallel zu Radialebenen  $R1$  sind. Die Querschnittsform jeder Kugelbahn kann parabelartig oder gotisch (aus zwei Kreisbögen mit versetzten Mittelpunkten zusammengesetzt) sein, wobei in jeder der Kugelbahnen Zweipunktkontakt entsteht. Unabhängig von der Gelenkbeugestel-

lung wird ein vorteilhafter Kraftangriffswinkel der vorher genannten Kräftepaare  $FR$  sichergestellt, der sich während der Gelenkbeugung im wesentlichen nicht ändert, so daß kein Auswandern der Kugeln zu den Bahnkanten hin stattfindet.

**[0038]** In Fig. 6 sind zwei benachbarte Bahnpaare  $22_1, 23_1; 22_2, 23_2$  von zwei in einem Käfigfenster 17 gehaltenen Kugeln  $14_1, 14_2$  im Querschnitt gezeigt. Die Kugelbahnen der Bahnpaare  $22_1, 23_1; 22_2, 23_2$  sind auch hier symmetrisch zu den Radialstrahlen  $RS1, RS2$ , die mit den Bahnquerschnittssymmetrieachsen  $ES1, ES2$  identisch sind. Die Kugelbahnmittellinien liegen in den Ebenen  $E1, E2$ , die parallel zu Radialebenen  $R1$  sind. Die Querschnitte der Kugelbahnen jedes Bahnpaars werden aus Kreisbögen gebildet, deren Mittelpunkte  $M1a, M1i; M2a, M2i$  auf dem jeweiligen Radialstrahl  $RS1, RS2$  liegen, wobei die Radien  $Ra, Ri$  deutlich größer als der Kugelradius sind. Hierdurch entsteht bei Drehmomentfreiheit Kontakt der Kugeln  $14_1, 14_2$  mit den Kugelbahnen  $22_1, 23_1, 22_2, 23_2$  jeweils im Bahngrund.

**[0039]** Die Darstellungen der Fig. 7 werden nachstehend gemeinsam beschrieben. Gleiche Einzelheiten sind mit gleichen Bezugsziffern wie in Fig. 1 belegt. Auf die vorangehende Beschreibung wird insoweit Bezug genommen.

**[0040]** In Fig. 7a ist der Rollkreisradius  $PCR$  nach seinen zwei Komponenten  $PCR_x$  und  $PCR_y$  bezüglich der Achsen  $x$  senkrecht zur Schnittebene  $B-B$  und  $y$  parallel zu Schnittebene  $B-B$  zerlegt.

**[0041]** In Fig. 7b ist die Bewegung der Kugel  $14_2$  bei einer Abbeugung des Gelenkinnenteils 13 gegenüber dem Gelenkaußenteil 12 nach links um einen Winkel  $\beta$  gezeigt, wobei sich die Kugel in Bezug auf den Mittelpunkt  $M$  um einen Winkel  $\beta/2$  gegenüber dem Gelenkaußenteil 12 verschiebt. Hierbei sind die Rollkreisradien  $PCR_y(0)$  bei gestrecktem Gelenk und  $PCR_y(\beta/2)$  bei um den Winkel  $\beta$  gebeugtem Gelenk gezeigt. Aufgrund des Bahnverlaufes ist  $PCR_y(\beta/2)$  größer als  $PCR_y(0)$ .

**[0042]** Für das nicht gebeugte Gelenk ergibt sich damit

$$PCR_0 = \sqrt{(PCR_x_0^2 + PCR_y_0^2)}$$

und ein Teilungswinkel  $\phi_0$ , wobei sich der Teilungswinkel  $\phi$  berechnet aus

$$\tan \phi_0 = PCR_x_0 / PCR_y_0$$

und für das gebeugte Gelenk entsprechend

$$PCR = \sqrt{(PCR_x^2 + PCR_y^2)}$$

und ein Teilungswinkel  $\phi$ , wobei sich der Teilungswinkel

kel  $\varphi$  berechnet aus

$$\tan \varphi = \text{PCR}_x / \text{PCR}_y$$

**[0043]** Da sich längs der Kugelbahnen PCR und  $\varphi$  nur geringfügig ändern, haben auch Bahnen, die mit einem konstanten Winkel  $\varphi_k$  gegenüber den Längsebenen durch die Radialstrahlen R1 gefertigt werden, die erfindungsgemäß vorteilhafte Krafteinleitung in die Kugelbahnen.

**[0044]** Je nach Drehstellung des Gelenkes und abhängig vom Beugewinkel befindet sich die Kugel längs der Kugelbahn an anderen Stellen. Unter der Voraussetzung, daß die Kugelbahnen in zueinander parallelen und zu den Längsachsen L12, L13 parallelen Ebenen liegen, ist PCR<sub>x</sub> hierbei unverändert gleich, während PCR<sub>y</sub> variieren kann. Damit ändert sich der Winkel  $\varphi$  zwischen der Mittenebene durch die Längsachsen L12, L13 und die Achse Y und dem Radialstrahl RS aus der Gelenkmitte M durch die Kugelmittle K geringfügig.

**[0045]** Um die erfindungsgemäße Symmetrie der Kugelbahnen exakt aufrechtzuerhalten, müssen die Krümmungsmittelpunkte M1i und M1a bzw. M2i und M2a in Ebenen liegen, die durch die Radialstrahlen RS1, RS2 und die Längsachsen L12, L13 aufgespannt werden.

**[0046]** Gemäß der hier gezeigten Ausführung liegen daher die Mittelpunkt M1i und M1a jeweils in einer Ebene, die parallel zu den Ebenen liegt, die die Bahnmittellinien enthalten. Damit wird zwar die Wirkungslinie (Symmetrieachse des Bahnquerschnittes) nicht mehr in jeder Stellung exakt durch den Gelenkmittelpunkt M gehen, sondern durch einen Mittelpunkt M'. Die Abweichung a zwischen den beiden Ebenen ist hierbei relativ klein. Sie errechnet sich

$$a = (\text{PCR}_y(\beta) - \text{PCR}_y(0)) \cdot \sin \varphi_0$$

und die Abweichung der Symmetrieebene des Kugelbahnquerschnittes zum Radialstrahl beträgt

$$\Delta \delta \approx a / \text{PCR} [\text{rad.}]$$

**[0047]** In Fig. 8 sind gleiche Einzelheiten wie in Fig. 4 mit gleichen Bezugsziffern belegt. Hierbei ist die Auswirkung der in Fig. 7b dargestellten Kugelbewegung bei Gelenkbeugung für die Kugel 14<sub>1</sub> übernommen worden. Während die Mittellinien der Kugelbahnen immer in den Ebenen E1, E2 verlaufen, verlagern sich die Symmetrieebenen der Bahnquerschnitte, die nicht mehr durch die zweiten Radialstrahlen RS1, RS2 definiert werden, die sich im Gelenkmittelpunkt M schneiden, sondern durch die dazu parallelen Symmetrieachsen ES<sub>1</sub>, ES<sub>2</sub>, die sich im

Punkt M' in der Radialebene R1 schneiden. Der Bahnmittelpunkt M1<sub>0</sub> verlagert sich in der Ebene E1 in den Bahnmittelpunkt M1. Ein Radialstrahl vom Gelenkmittelpunkt M bzw. der Längsachse durch den Bahnmittelpunkt weicht vom Radialstrahl RS1 um den Winkel  $\Delta \delta$  ab. Der Abstand zwischen den Mittelpunkten M, M' und M1<sub>0</sub>, M1 ist mit  $\Delta \text{PCR}_y$  bezeichnet.

**[0048]** In Fig. 9 sind die Winkelverhältnisse aus Fig. 8 in vergrößerter Einzelheit dargestellt.

## Patentansprüche

1. Gleichlaufgelenk in Form eines Festgelenkes mit den Merkmalen:  
ein Gelenkaußenteil (12), das eine Längsachse L12 und axial zueinander entgegengesetzt liegend eine Anschlußseite und eine Öffnungsseite hat und das äußere Kugelbahnen (22<sub>1</sub>, 22<sub>2</sub>) aufweist,  
ein Gelenkinnenteil (13), das eine Längsachse L13 und Anschlußmittel für eine zur Öffnungsseite des Gelenkaußenteils (12) weisende Welle hat und das innere Kugelbahnen (23<sub>1</sub>, 23<sub>2</sub>) aufweist,  
die äußeren Kugelbahnen und die inneren Kugelbahnen bilden Bahnpaare (22<sub>1</sub>, 23<sub>1</sub>; 22<sub>2</sub>, 23<sub>2</sub>) miteinander,  
die Bahnpaare nehmen jeweils eine drehmomentübertragende Kugel (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) auf,  
jeweils zwei benachbarte Bahnpaare haben äußere Kugelbahnen (22<sub>1</sub>, 22<sub>2</sub>), deren Mittellinien in zueinander im wesentlichen parallelen Ebenen (E1, E2) liegen, und innere Kugelbahnen (23<sub>1</sub>, 23<sub>2</sub>), deren Mittellinien in zueinander im wesentlichen parallelen Ebenen (E1', E2') liegen,  
ein ringförmiger Kugelkäfig (16) sitzt zwischen Gelenkaußenteil (12) und Gelenkinnenteil (13) und weist umfangsverteilte Käfigfenster (17) auf, die jeweils die drehmomentübertragenden Kugeln (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) zweier benachbarter Bahnpaare (22<sub>1</sub>, 23<sub>1</sub>; 22<sub>2</sub>, 23<sub>2</sub>) aufnehmen,  
die Mittelpunkte K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> der Kugeln (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) werden beim gestreckten Gelenk vom Kugelkäfig (16) in der Gelenkmittlebene EM gehalten und bei Gelenkbeugung auf die winkelhalbierende Ebene zwischen den Längsachsen L12, L13 geführt,  
die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen (22<sub>1</sub>, 22<sub>2</sub>) und der inneren Kugelbahnen (23<sub>1</sub>, 23<sub>2</sub>) eines jeden Bahnpaares sind symmetrisch zu Symmetrieachsen (ES<sub>1</sub>, ES<sub>2</sub>), die mit den Ebenen (E1, E2, E1', E2') gleich große entgegengesetzt angetragene Winkel  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  bilden und jeweils einen gemeinsamen Punkt (M, M') haben.

2. Gelenk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen (22<sub>1</sub>, 22<sub>2</sub>) und der inneren Kugelbahnen (23<sub>1</sub>, 23<sub>2</sub>) eines jeden Bahnpaares jeweils symmetrisch zu Radialstrahlen (RS1, RS2) von den Längsachsen (L12, L13) durch die Kugelmitten K1, K2 der drehmomentübertragenden Kugeln (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) des



Bahnpaares sind.

3. Gelenk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen (22<sub>1</sub>, 22<sub>2</sub>) und der inneren Kugelbahnen (23<sub>1</sub>, 23<sub>2</sub>) eines jeden Bahnpaares jeweils symmetrisch zu in der Querschnittsebene liegenden Geraden (PS<sub>1</sub>, PS<sub>2</sub>) sind, die parallel zu Radialstrahlen (RS1, RS2) von den Längsachsen L12, L13 durch die Kugelmitten K1, K2 der drehmomentübertragenden Kugeln (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) des Bahnpaares sind und die sich jeweils in einem gemeinsamen Punkt M' mit Abstand zu den Längsachsen L12, L13 schneiden.

4. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Winkel  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  im Bereich von  $0,8 \dots 1,3 \varphi_0$  liegen, wobei  $2\varphi_0$  der Mittelpunktswinkel bei gestrecktem Gelenk zwischen Radialstrahlen (RS1, RS2) von den Längsachsen L12, L13 durch die Kugelmitten K1, K2 der Kugeln (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) zweier benachbarter Bahnpaare (22<sub>1</sub>, 23<sub>1</sub>; 22<sub>2</sub>, 23<sub>2</sub>) ist.

5. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bahnmittellinien (M22) der äußeren Kugelbahnen (22<sub>1</sub>, 22<sub>2</sub>) und die Bahnmittellinien (M23) der inneren Kugelbahnen (23<sub>1</sub>, 23<sub>2</sub>) in Ebenen (E1, E2) liegen, die zueinander parallel und parallel zu den Längsachsen (L12, L13) des Gelenks sind und durch die Kugelmitten der Kugeln (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) zweier benachbarter Bahnpaare (22<sub>1</sub>, 23<sub>1</sub>; 22<sub>2</sub>, 23<sub>2</sub>) verlaufen.

6. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bahnmittellinien (M22) der äußeren Kugelbahnen (22<sub>1</sub>, 22<sub>2</sub>) in ersten Ebenen (E1, E2) und die Mittellinien (M23) der inneren Kugelbahnen (23<sub>1</sub>, 23<sub>2</sub>) in zweiten Ebenen (E1', E2') verlaufen, die jeweils zueinander parallel sind und durch die Kugelmitten der Kugeln (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) zweier benachbarter Bahnpaare (22<sub>1</sub>, 23<sub>1</sub>; 22<sub>2</sub>, 23<sub>2</sub>) verlaufen und die jeweils vom Gelenkmittelpunkt (M) gleichen senkrechten Abstand haben, wobei sie mit den Längsachsen (L12, L13) gleich große entgegengesetzt gerichtete Kreuzungswinkel ( $\gamma_0$ ,  $\gamma_0'$ ) bilden.

7. Gelenk nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kreuzungswinkel ( $\gamma_0$ ,  $\gamma_0'$ ) so gewählt sind, daß die räumlichen Steuerwinkel ( $\varepsilon_0$ ,  $\varepsilon_0'$ ) der Kugelbahnen an den Kugeln (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) bei rechtsdrehender Belastung und bei linksdrehender Belastung gleich groß sind.

8. Gelenk nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Mittelpunktswinkel  $2\varphi_0$  zwischen den Radialstrahlen (RS1, RS2) durch die Kugelmitten K1, K2 der Kugeln (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) zweier benachbarter Bahnpaare (22<sub>1</sub>, 23<sub>1</sub>; 22<sub>2</sub>, 23<sub>2</sub>) sich der Kreuzungswinkel  $\gamma_0$  nach der Gleichung  $\gamma_0 = \varepsilon_0 \cdot \tan \varphi_0$  errechnet, damit die räumlichen Steuerwinkel bei

rechtsdrehender Belastung und linksdrehender Belastung am Gelenk gleich groß sind.

9. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungswinkel ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ) zwischen den Tangenten an die Grundlinien zweier benachbarter Bahnpaare (22<sub>1</sub>, 22<sub>2</sub>; 23<sub>1</sub>, 23<sub>2</sub>) sich bei gestrecktem Gelenk in der Gelenkmittlebene EM jeweils in die gleiche Richtung, insbesondere zur Anschlußseite des Gelenkaußenteils hin, öffnen. (Twinballgelenk)

10. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungswinkel ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ) zwischen den Tangenten an die Bahngrundlinien in der Gelenkmittlebene (EM) zweier benachbarter Bahnpaare (22<sub>1</sub>, 23<sub>1</sub>; 22<sub>2</sub>, 23<sub>2</sub>) sich bei gestrecktem Gelenk in der Gelenkmittlebene EM in entgegengesetzter Richtung öffnen. (Gegenbahngelenk)

11. Gelenk nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Kugeln (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) zweier benachbarter Bahnpaare (22<sub>1</sub>, 23<sub>1</sub>; 22<sub>2</sub>, 23<sub>2</sub>) bei gestrecktem Gelenk auf verschiedenen Rollkreisradien (PCR) befinden.

12. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen (22) und der inneren Kugelbahnen (23) durch Parabel- oder Ellipsenabschnitte oder durch Spitzbögen (gotische Bögen) gebildet werden, die jeweils mit den Kugeln in zwei Punkten Kontakt erzeugen.

13. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen (22) und der inneren Kugelbahnen (23) durch Kreisabschnitte gebildet werden, deren Krümmungsmittelpunkte mit Abstand zueinander auf dem jeweiligen Radialstrahl (RS1, RS2) bzw. der jeweiligen dazu parallelen Geraden (PS1, PS2) liegen und deren Krümmungsradius größer als der Kugelradius ist und die mit den Kugeln (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) jeweils Kontakt in einem Punkt erzeugen.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Fig. 1 is a schematic cross-sectional view of a mechanical assembly, likely a planetary gear set. The diagram shows a central input shaft (11) with gears (12, 13) and a planetary carrier (14) with planet gears (15, 16). The diagram includes various geometric parameters such as radii ( $R_1$ ,  $R_2$ ), angles ( $\phi_{01}$ ,  $\phi_{02}$ ,  $\delta$ ), and distances ( $B$ ). The assembly is shown in a semi-circular cross-section, with the input shaft (11) at the top and the planetary carrier (14) at the bottom. The planet gears (15, 16) are shown meshing with the input gears (12, 13). The diagram also shows the internal components of the planet gears, including the planet carrier (14) and the planet gears (15, 16). The diagram is labeled with various reference numerals and symbols, including  $ES1, RS1$ ,  $RS2, ES2$ ,  $FR$ ,  $FL$ ,  $K1$ ,  $K2$ ,  $22_1$ ,  $22_2$ ,  $23_1$ ,  $23_2$ ,  $S1, E1, E1'$ ,  $S2, E2, E2'$ ,  $M$ ,  $R1$ ,  $R2$ ,  $\phi_{01}$ ,  $\phi_{02}$ ,  $\delta$ ,  $B$ ,  $11$ ,  $12$ ,  $13$ ,  $14$ ,  $15$ ,  $16$ ,  $17$ ,  $18$ ,  $19$ ,  $20$ ,  $21$ ,  $22$ ,  $23$ ,  $24$ ,  $25$ ,  $26$ ,  $27$ ,  $28$ ,  $29$ ,  $30$ ,  $31$ ,  $32$ ,  $33$ ,  $34$ ,  $35$ ,  $36$ ,  $37$ ,  $38$ ,  $39$ ,  $40$ ,  $41$ ,  $42$ ,  $43$ ,  $44$ ,  $45$ ,  $46$ ,  $47$ ,  $48$ ,  $49$ ,  $50$ ,  $51$ ,  $52$ ,  $53$ ,  $54$ ,  $55$ ,  $56$ ,  $57$ ,  $58$ ,  $59$ ,  $60$ ,  $61$ ,  $62$ ,  $63$ ,  $64$ ,  $65$ ,  $66$ ,  $67$ ,  $68$ ,  $69$ ,  $70$ ,  $71$ ,  $72$ ,  $73$ ,  $74$ ,  $75$ ,  $76$ ,  $77$ ,  $78$ ,  $79$ ,  $80$ ,  $81$ ,  $82$ ,  $83$ ,  $84$ ,  $85$ ,  $86$ ,  $87$ ,  $88$ ,  $89$ ,  $90$ ,  $91$ ,  $92$ ,  $93$ ,  $94$ ,  $95$ ,  $96$ ,  $97$ ,  $98$ ,  $99$ ,  $100$ .



Fig. 2

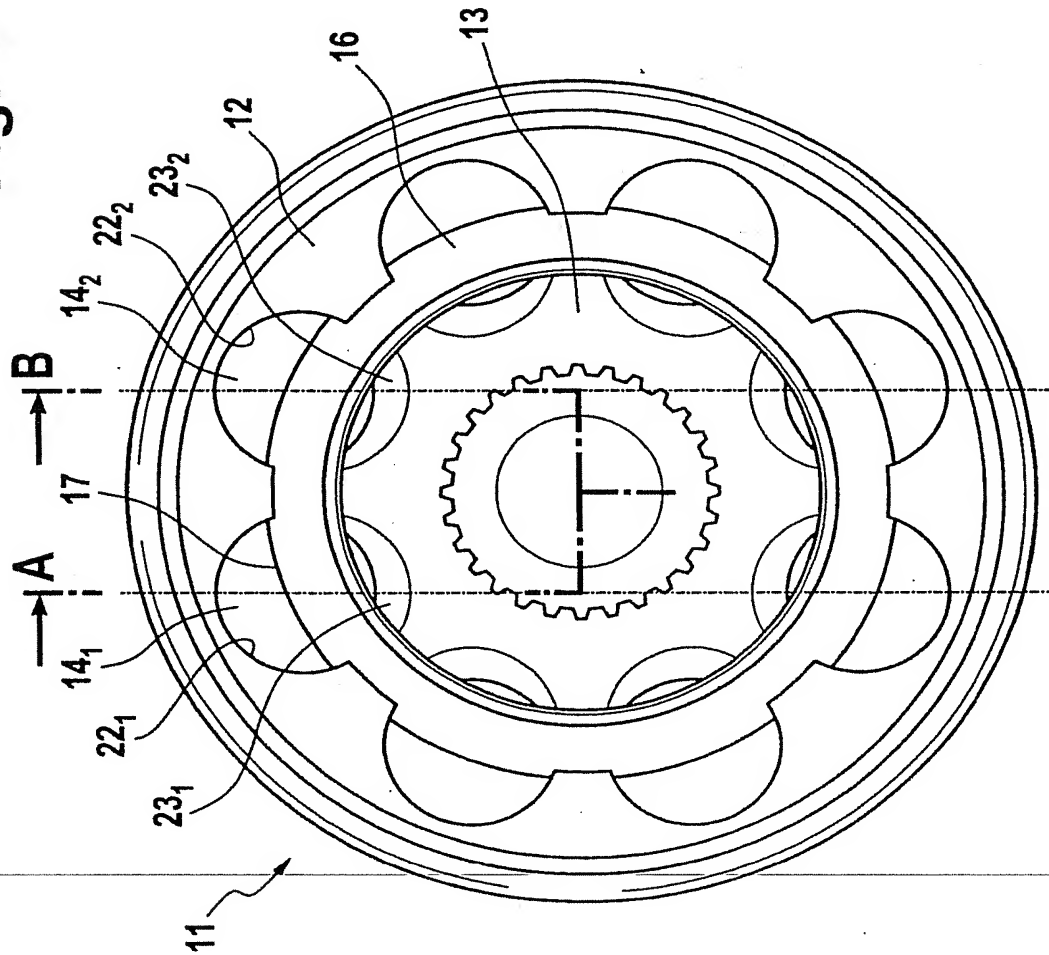


Fig. 2a

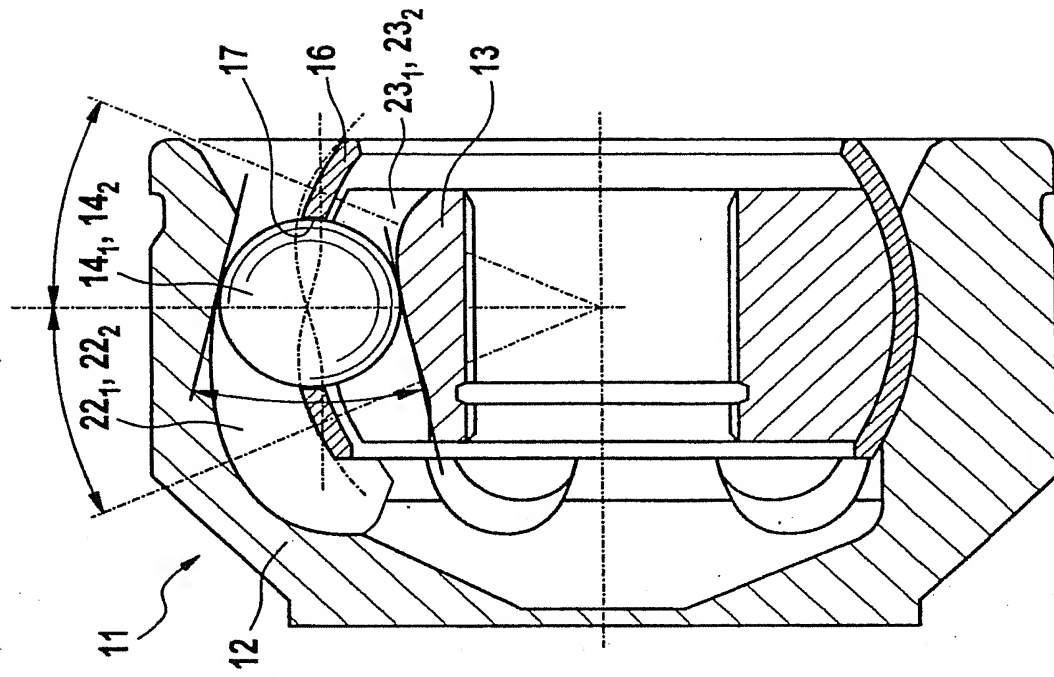
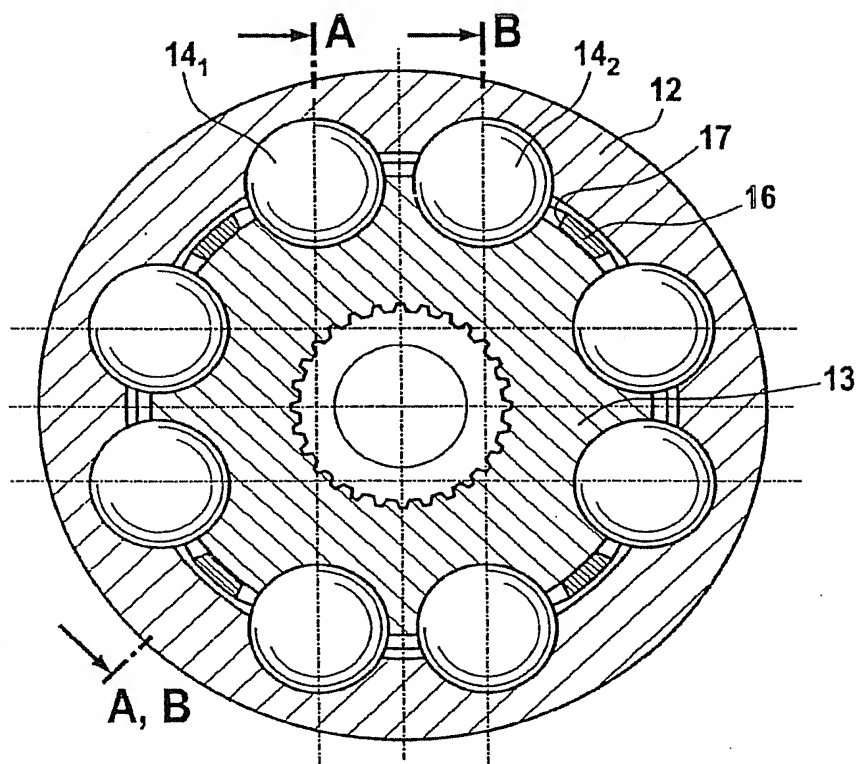
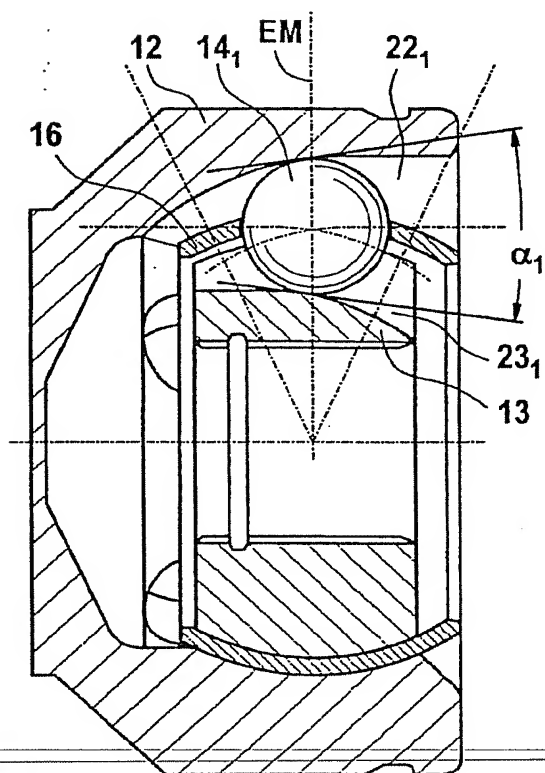


Fig. 2b

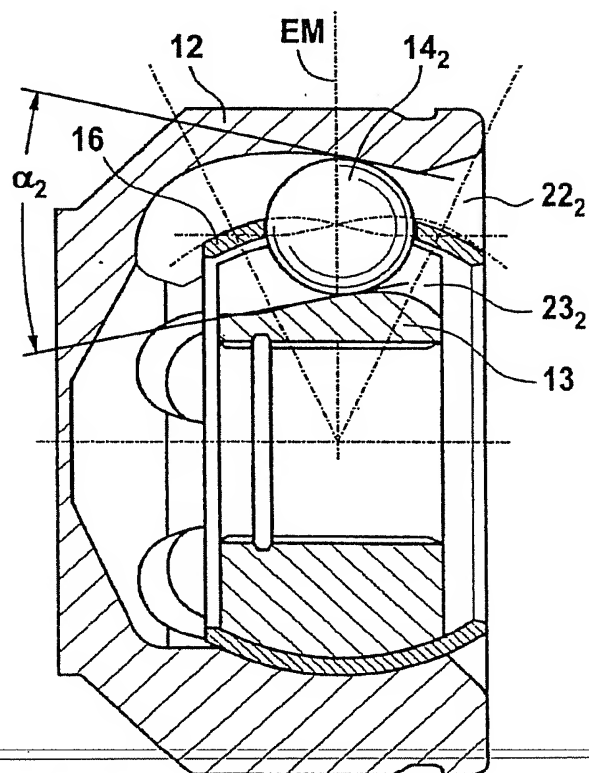
**Fig. 3**



**Fig. 3a**

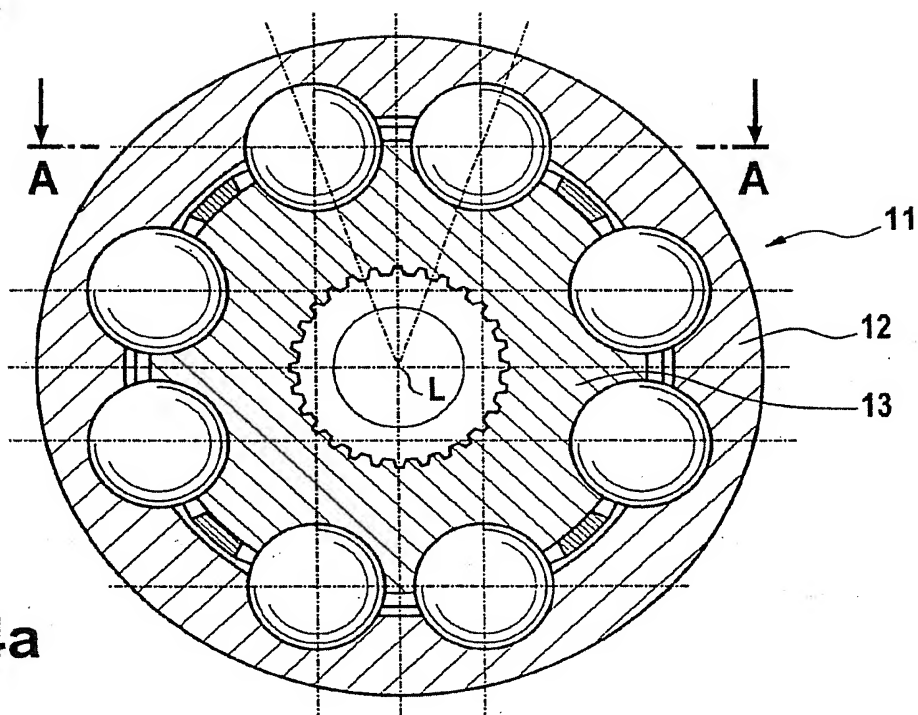


**Fig. 3b**

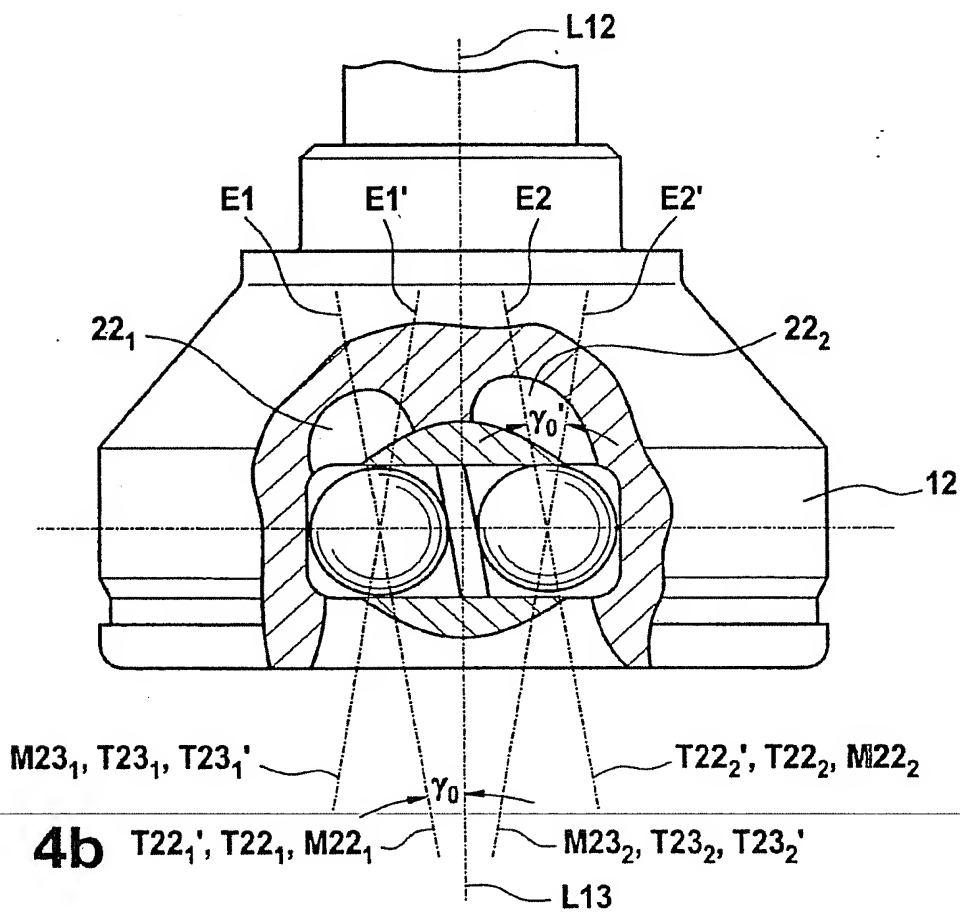


**Fig. 3c**

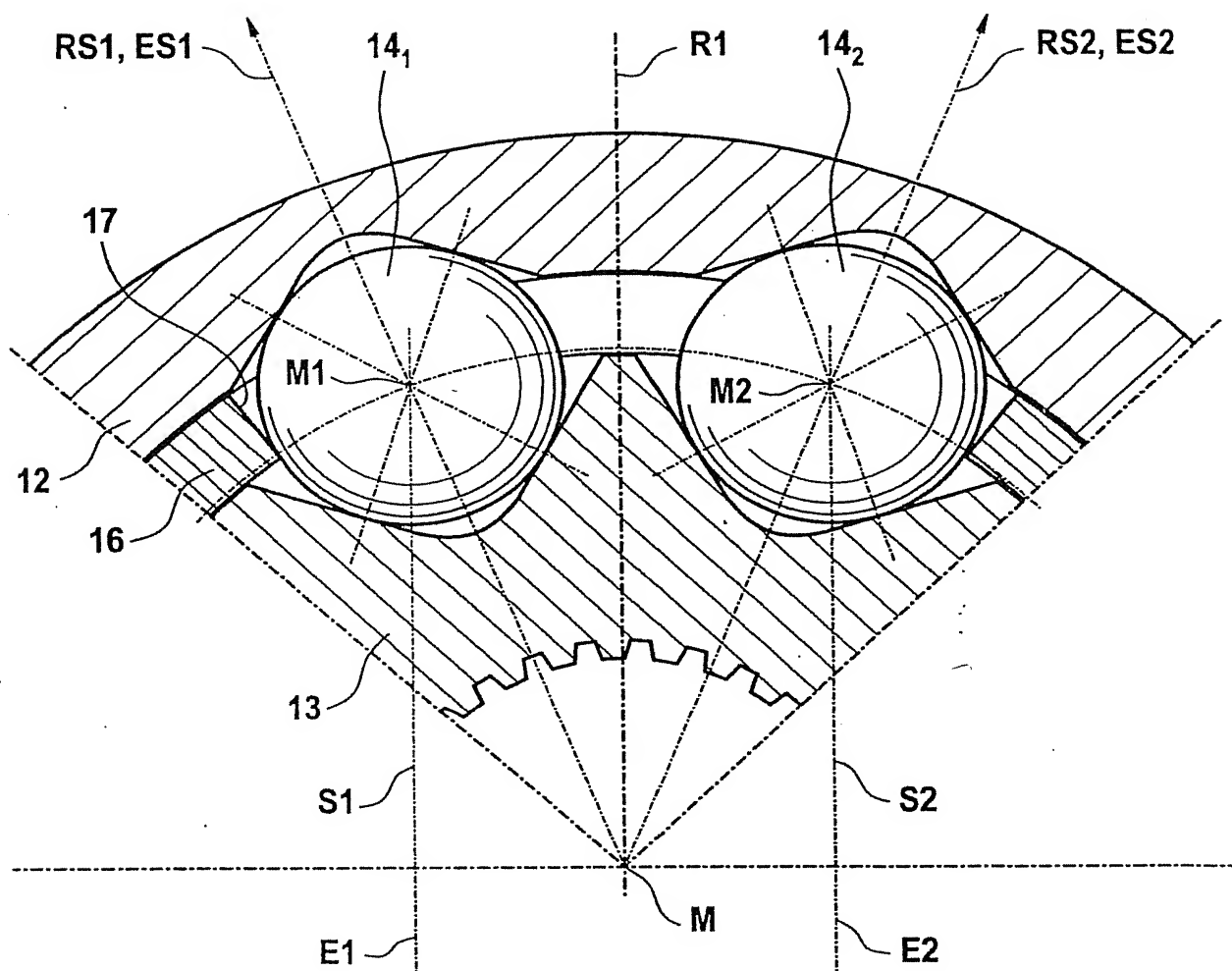
**Fig. 4**



**Fig. 4a**



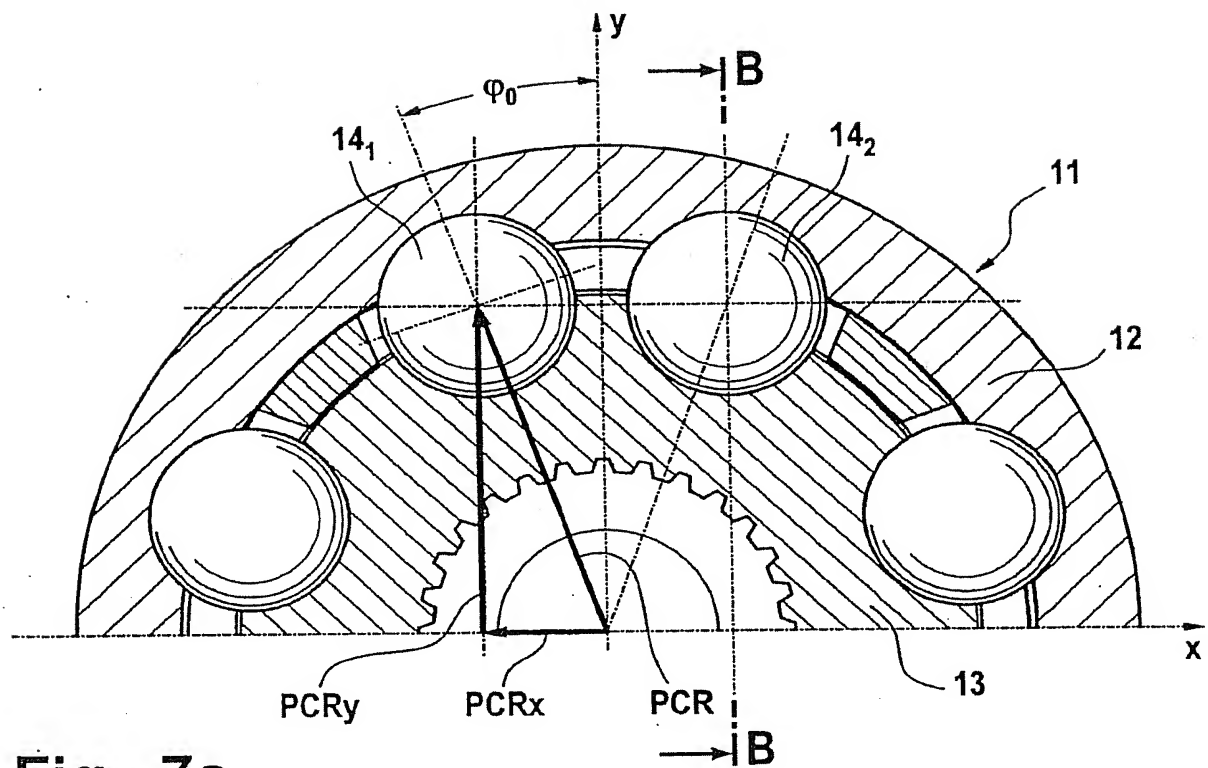
**Fig. 4b**



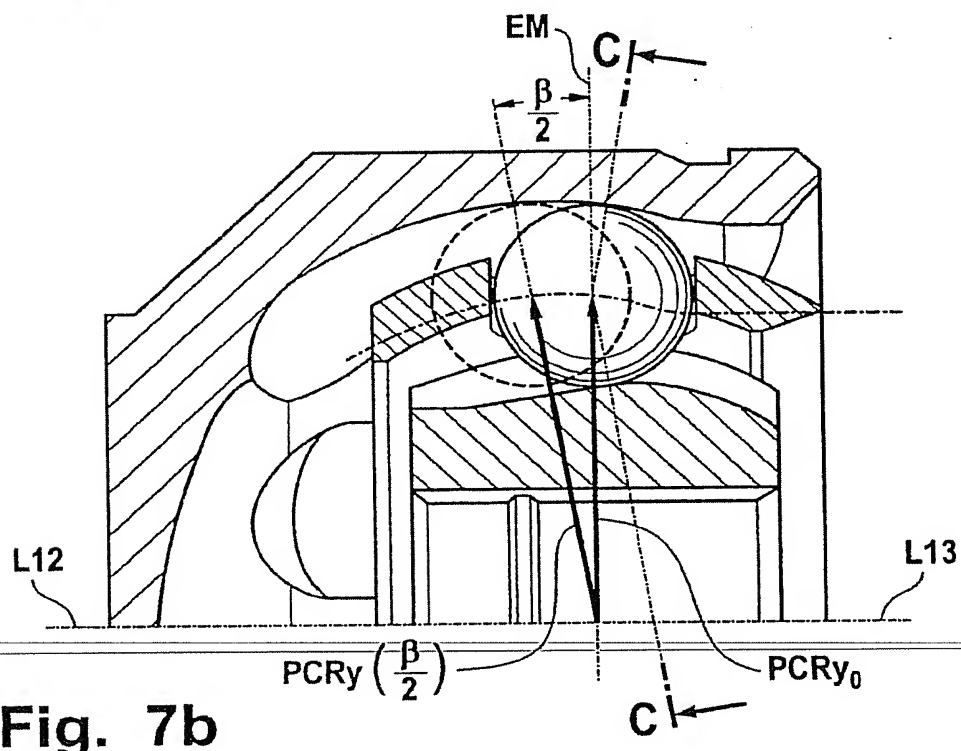
**Fig. 5**



**Fig. 7**

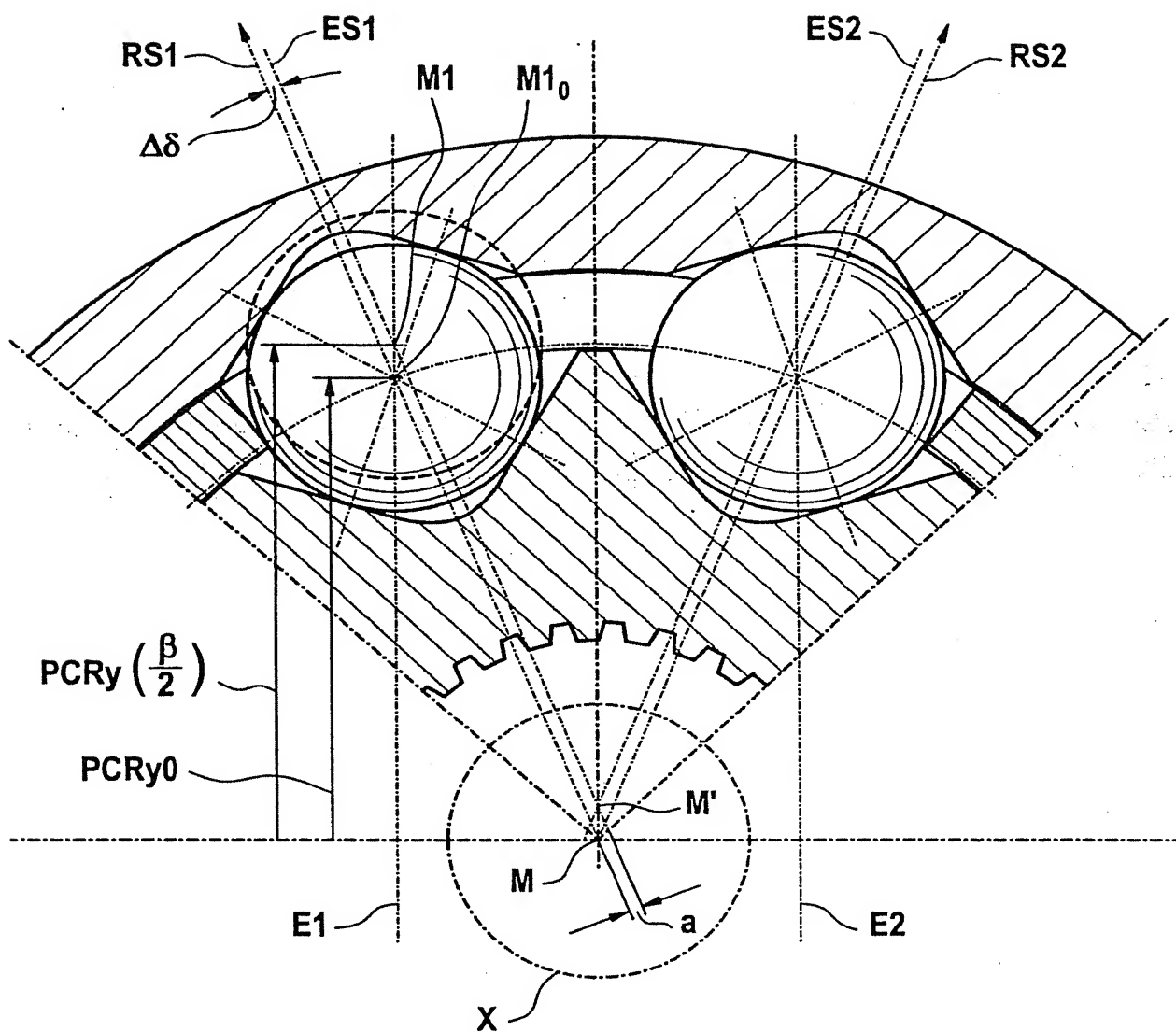


**Fig. 7a**

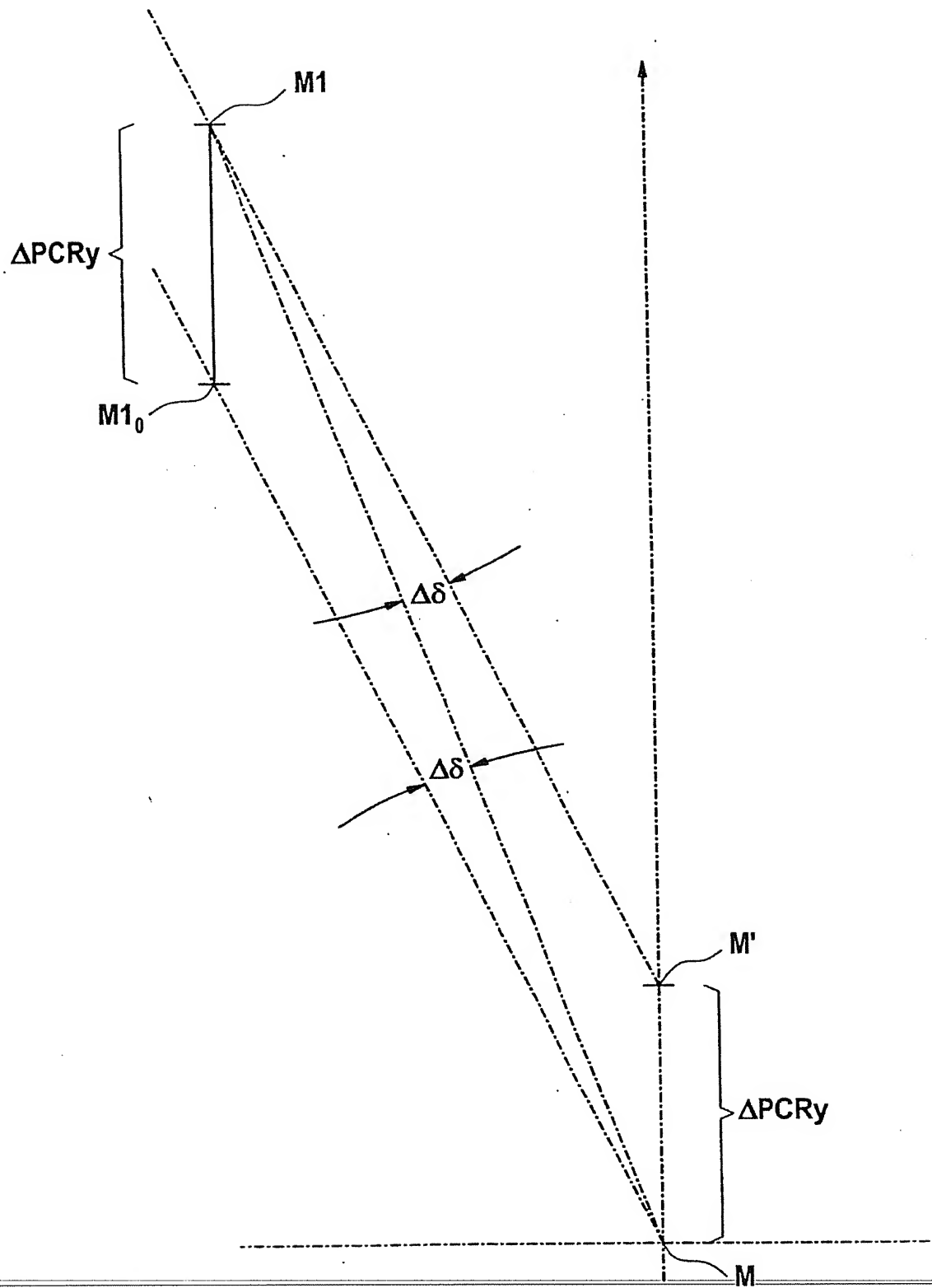


**Fig. 7b**





**Fig. 8**



**Fig. 9**